

Effekt av gödsling vid olika förband på produktion i tallskog

*The effect of fertilization on production with varying stems per
hectares on Scots pine*



Foto: Christer Karlsson

Malin Andersson & Felicia Dahlgren Lidman



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Malin Andersson & Felicia Dahlgren Lidman
Titel, Sv	Effekt av gödsling vid olika förband på produktion i tallskog
Titel, Eng	<i>The effect of fertilization on production with varying stems per hectares on Scots pine</i>
Nyckelord/ Keywords	<i>Pinus Sylvestris, kvävegödsling, röjning, samspelseffekt/ Scots pine, nitrogen fertilization, pre-commercial thinning, PCT, interaction effect</i>
Handledare/Supervisor	<i>Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

FÖRORD

Detta kandidatarbete är utfört av tredje årets jägmästarstudenter vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Vi vill tack Christer Karlsson vid Siljansfors försökspark som försatt oss med materialet som gjort arbetet möjligt, samt vår handledare Tommy Mörling för god vägledning genom arbetet.

SAMMANFATTNING

Studien är uppbyggd på röjningsförsök som lagts ut av Sven-Olof Andersson i början av 1970-talet. Studien handlar om samspelseffekten mellan röjningsförband och gödsling. Försöket är uppdelat på tre olika lokaler i Sverige, Virsbo, Hedeviken och Siljansfors. Alla lokaler har ett antal avdelningar som efter röjning fått olika stamantal (600, 1400, resp. 2500 stammar/ha) och man har sedan försökets början mätt och behandlat avdelningarna med gödsling på olika sätt. Data från de tre lokalerna har sedan använts som underlag till analyser i Excel och Minitab. Målet med arbetet var att se om det fanns någon samspelseffekt mellan stamantal/ha och gödslingens effekt på total volymproduktion, diametertillväxt samt höjdtillväxt. Resultatet visade inte på någon statistiskt signifikant samspelseffekt. En del brister uppmärksammades i datamaterialet rörande antalet replikat och med tanke på detta skulle man efter ytterligare analyser med bättre material och fler replikat kunna komma fram till att det kanske kan finnas ett svagt samspel.

Nyckelord: Pinus Sylvestris, kvävegödsling, röjning, samspelseffekt

ABSTRACT

The study is built on trials about pre-commercial thinning plots founded by Sven-Olof Andersson in the beginning of the 1970's. The study is about the interaction effect between pre-commercial thinning and nitrogen fertilization. The trials are dispersed over three different locations in Sweden, in Virsbo, Hedeviken and Siljansfors. Every site has a number of sections, where each section have received a specific number of stems (600-, 1400- & 2500-stems per hectare) after pre-commercial thinning. Since the beginning, the sections have been measured and treated with fertilization in different ways. Data from the three sites were used as material for analyses in Excel and Minitab. The purpose of this study was to find an interaction effect between a specific number of stems per hectare and fertilization on the production of tree volume growth, height and diameter. The result of the study showed that there were no significant effect of the interaction effect between the number of stems and fertilization. There were some flaws detected in the material considering replications. Because of this lack in the dataset, further studies and analyses with more replications could possibly show a small interaction effect between the two factors.

Keywords: Scots pine, nitrogen fertilization, pre-commercial thinning, PCT, interaction effect

INLEDNING

Gödsling fram till idag

Kvävegödsling i boreal skog och i Sverige är inget nytt (Högberg m. fl. 2014). Ända sedan 1960-talet har skogsmarksgödsling med kväve varit ett hett ämne i Sverige. Man har sett att det är en åtgärd som ger en ökad tillväxt på kort sikt (Jacobsson m. fl. 2007), eftersom det i boreala skogar främst är kväve som är bristvaran och som är tillväxthämmande (Högberg m. fl. 2014). Andra platser i världen där gödsling tillämpas är bland annat Brittish Columbia i Kanada och i USA. Ett exempel är tallplantager i sydöstra USA där det gödslats 1,2 miljoner tunnland med både kväve och fosfor (1 tunnland = 0,405 ha) under år 2004 (Fox m. fl. 2006).

Arealen som gödslats i Sverige var som störst i mitten på 1970-talet och låg då på ca 200 000 ha/år. Efter detta skedde en minskning fram till 2000-talet, då arealen låg på ca 30 000 ha/år. År 2010 hade arealen återigen ökat till ca 80 000 ha/år (Magnusson T. 2015), men idag minskar arealen igen och år 2013 låg gödslingsarealen på ca 24 000 ha/år (Skogsstatistisk årsbok, 2014). Man ser att arealen har minskat i stor skala sedan 1970-talet, och orsaken till detta är troligen mer än en (Högbom m. fl. 2002). En av anledningarna till minskningen är att miljöfrågorna börjat uppmärksammas (Skogsstyrelsen, 2015) och att man var rädd för att kvävegödslingen, tillsammans med dagens ökade kvävenedfall, skulle påverka miljön negativt (Ståhl m. fl. 2013). Den konventionella gödslingen i Sverige utförs vanligen med traktor eller helikopter och valet av metod beror till stor del på hur stor noggrannhet man vill ha på spridningen. Spridning med traktor ger vanligtvis större noggrannhet än helikopter och med hjälp av en digitaliserad karta navigerar föraren över de områden som ska gödslas (Skogsstyrelsen 2015).

Många studier gällande gödsling har gjorts genom åren och Skogsstyrelsens rekommendationer har varierat parallellt med framstegen inom forskningen från 1977 till idag. År 1984 tillsatte Skogsstyrelsen, med grund i forskningsrapporter från 1980, nya råd för kvävegödslingen. Man ville att man skulle gå mot användning av mer miljövänliga gödselmedel, vilket innebar att man ville minska användningen av ammoniumnitrat och istället öka användningen av urea och kalkammonsalpeter (som är ett mindre försurande medel). År 1991 kom ytterligare nya allmänna råd från Skogsstyrelsen gällande gödslingen. Man hade sammanställt sju baskrav från 1988 som skulle uppfyllas i ett bestånd för att gödsling skulle vara värd att utföra och dessa baskrav gäller än idag (Skogsstyrelsen, 2015). Baskraven säger att marken ska vara av fastmark och jordmånen ska vara en podsol. Skogen ska även vara frisk och välsluten, ingen avverkning ska ske inom tio år, åldern ska inte vara lägre än ålder för första gallring, ståndortsindex ska vara mellan 16-30 m och dessutom ska minst 80 % av grundytan vara barrträd (Jacobsson m. fl. 2007). De allmänna råden utvecklades 2007 pga. att Sveriges riksdag 1999 antagit de nya nationella miljökvalitetsmålen som sa att ingen övergödning får ske. Man satte därför in restriktioner på hur mycket man får gödsla i Sverige, eftersom kvävegödslingen skulle kunna bidra med att kvalitetsmålen inte uppfylldes. Sverige delades in i fyra zoner, där varje zon fick en begränsning på kvävegödselgiva (Skogsstyrelsen 2015). Anledningen till indelningen beror på att södra Sverige har ett större kvävenedfall än de nordligare delarna (Zetterberg m. fl. 2006) och därför har man satt restriktioner så att ingen eller bara en väldigt liten mängd gödsling får ske i de södra delarna. I de nordligare delarna får det gödslas i större utsträckning, dock maximalt 450 kg N/ha med en maximal giva på 150 kg N/ha under en omloppstid (Skogsstyrelsen, 2015).

Gödslingens och förbandets påverkan

Eftersom man har konstaterat att kvävegödsling har en tillväxteffekt, har man undersökt och konstaterat att gödsling i äldre bestånd inte ger någon större effekt på trädens kvalitet (Skogsstyrelsen, 2015). Samtidigt har man i en annan studie (Ulvcróna m. fl. 2014) påvisat att gödslingen inte har någon större inverkan på stamformen hos äldre träd och samma slutsats har även tagits i en studie där man tittat på den Nordamerikanska tallen *Pinus banksiana* och hur träden påverkas av kvävegödsling i form av urea i kombination med låggallring (Groot m. fl. 1984). I plant- och ungskog har man däremot kommit fram till att gödsling påverkar träden i större utsträckning vad gäller virkeskvaliteten och detta genom att årsringsbredden ökar vid kvävegödsling, som i ungskogen leder till ökad mängd juvenilverd. (Skogsstyrelsen, 2015).

I de studier som gjorts genom åren har man tittat på vad som händer med träden vid gödsling och i en doktorsavhandling (Valinger E. 1990) skrivs att barrens effektivitet och produktion vid gödsling ökar tills dess att de beskuggar varandra. Valinger skriver dessutom att både gödsling och gallring förändrar trädets fördelning av tillväxt mellan barr, stam och grenar. En annan förklaring till denna omfördelning är att gödslingen ska kunna öka fotosynteskapaciteten per enhetsarea, och/eller kunna öka "light interception" och "leaf index area", samt kunna omfördela kol från underjordsproduktionen av finrötter till ovanjordsproduktion (Lim m. fl. 2015). Den ökade fotosynteskapaciteten gör att träden kan satsa mer på ovanjordsproduktion och så länge beståndet inte är helt slutet ökar barrmassan. Träden kan samtidigt lägga mer energi på stamvedsproduktion och med den ökade näringstillgången i marken kommer inte träden att satsa på finrötter, utan kommer istället att bygga upp grenar, stam och även barrmassa (Fiberskog 1997). Även stamantalet påverkar trädets tillväxt bl.a. genom att konkurrensen blir hårdare vid högre antal stammar/ha (Ulvcróna m.fl. 2014) och träden är fler som delar på samma resurser. Hur stora träden som konkurrerar med varandra är, har även det betydelse. Detta p.g.a. då ett träd drabbas av mer utrymmesbrist och mer försämrad ljusstillgång om de konkurrerar med ett större träd än om det konkurrerar med ett jämnstort (Pretzsch 2009). Med ökande beståndsdensitet d.v.s. stammar/ha, ökar också mängden träd som blir undertryckta och detta leder i sin tur till minskad grönkrongräns för beståndet (Mäkelä & Vanninen 2001). Det finns även studier som pekar på att det finns en relation mellan mängden producerade barr per enhet grundyta och beståndsdensiteten (Nilsson & Albrektson 1993, Baldwin m.fl. 2000). Samtidigt finns studier som visar på att variationen av producerad mängd barr per enhet grundyta inom ett bestånd kan minskas med hjälp av gödsling och en jämnare fördelning av tillväxten uppstår (Tamm 1991), detta kan dock vara artberoende till viss del. Undersökningar av tall (*P. sylvestris*) visar att ett bestånd får en mer varierande kronstruktur när det är tätare än när de växer i homogena och likåldriga bestånd (Nilsson & Gemmel 1993). I samma undersökning påvisades även att tallen fick färre skott och kortare grenar i tätare bestånd. Med större mängd barrmassa tillkommer högre diameter- och volymtillväxt för de enskilda träden (Agestam 2009).

I allt detta ligger hypotesen till vår undersökning - att det kan finnas ett samband mellan tillväxt och ett visst stamantal i kombination med gödsling. Det vill säga att gödslingens effekter blir olika beroende på lokalens stamantal/ha.

Syfte

I vår studie har fokus legat på gödslingens effekt på trädens tillväxt med olika röjningsförband i tallskog. Vi ville undersöka ifall det finns en samspelseffekt mellan antalet stammar per/ha och hur stor effekt på tillväxten gödslingen ger. Med tillväxt menades här höjd- och diametertillväxt, samt totalproduktion i volym (m^3sk). Resultaten i denna studie skulle kunna användas för att motivera varför gödsling bör kombineras med ett visst stamantal, eller undvikas i kombination med ett annat stamantal.

Hypotesen var att det skulle finnas en samspelseffekt, samt att denna samspelseffekt skulle kunna röra främst de lägre stamantalen per/ha. Alltså att gödslingen skulle påverka tillväxten mer där det fanns ett lågt stamantal från början jämfört med där stamantalet var högt och utrymmet begränsat.

MATERIAL

Försöket

Grundaren till detta försök var Sven-Olof Andersson som tidigare arbetat som professor i skogsproduktion på Sveriges Lantbruksuniversitet. Han hade ett stort intresse i att undersöka röjningseffekter och har sedan 1950-talet anlagt en mängd röjningsförsök med olika inriktningar. Anläggningen av försöket som legat som grund i denna rapport, har en kort beskrivning i en rapport skriven av Sveriges Lantbruksuniversitet (Karlsson m.fl., 2010).

Försöket gjordes i självsådda tallbestånd och lades ut på tre olika lokaler i Sverige (Figur 1¹). På de tre olika lokalerna skapades en rad olika avdelningar som fick olika behandlingar. Efter röjning hade varje lokal två 600-, två 1400, & två 2500-stammar/ha avdelningar, där en avdelning av varje stamantal gödslades och en fick förbli ogödslad. Dock gödslades vissa avdelningar vart femte år med början två år efter röjning, medan andra endast gödslades en gång två år efter att röjning hade utförts (Tabell 2). På varje lokal skapades även en orörd avdelning som varken röjdes eller gödslades och totalt togs sju avdelningar ut per lokal. Ett undantag är dock att i Siljansfors tog man, förutom de sju avdelningarna, ut ytterligare fyra avdelningar på 1400 stammar/ha där man gödslade med olika intervall.



Data

Datamaterialet som använts i denna rapport har lämnats ut av Christer Karlsson, försöksparkschef vid Siljansfors försökspark, SLU. Utgångsläget för de olika lokalerna (Tabell 1) har sammanställts från statistik kort från försöksparken.

¹ Wikipedia commons 2005, *Sweden-transparent.png* (Ändringar har gjorts i originalbilden med namn och punkter). <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sweden-transparent.png> [2015-04-14]

Tabell 1: Utgångsläge för de olika lokalerna
Table 1: Startpoint with information about the objects

Lokal	Virsbo	Hedeviken	Siljansfors A	Siljansfors B
Försöksyta	5010	5226	9245	9245
Höjd över havet (m)	95,0	410,0	220,0	220,0
Beståndets födelseår	1957-59	1947-53	1949-57	1951-55
Anläggningsår	1970	1971	1972	1972
SI (min och max)	T28 till T30	T19 till T24	T24 till T27	T23 till T27
Höjd vid röjning (m, medelvärde)	2,8	3,6	3,1	3,0
Antal avdelningar	7 ¹	7	12 (totalt A och B)	

1. Varje avdelning utgörs av en enskild parcell med bruttomått 34x39 m och nettomått 20x25 m

Mätningar

Efter mejlkorrespondens med Christer Karlsson (SLU), förklarar han de kontinuerliga mätningarna på samtliga lokaler på följande sätt:

“Alla träd inom försöksytorna är kors-klavade i brösthöjd, d.v.s. två diametrar med 90 graders vinkel har mätts. För kubering (volymberäkning) väljs av datasamlaren objektivt cirka 20 provträd per parcell och trädslag för träd som står kvar efter gallring, och lika många provträd för träd som ska gallras bort. På provträdet av tall mäts diameter, höjd, grönkrongränshöjd och barktjocklek. Data från provträdet används sedan för att beräkna volym även på träd där man enbart har mätt diametern.”

De mallar som använts vid mätningarna är “Fältdatasystem för skogliga fältförsök” (Karlsson m. fl. 2012) med fältinstruktionen: “Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök” (Karlsson 2003) från skogsfakultetens långtidsförsök vid SLU.

Gödsling

Gödslingen på lokalerna i detta försök har utförts genom att parcellerna delats in rutor om 10x10 m med hjälp av måttband och därefter har det gödslats för hand. För 100 m² används 5,6 kg SkogCan för att det ska motsvara 1,5 kg N. (SkogCan innehåller 27% N). Även “kapporna” på avdelningarna/parcellerna har gödslats på motsvarande sätt.

Översikt över avdelningar

Tabell 2: Försöksytorna i Virsbo (startat år 1972), Hedeviken (startat år 1973) och Siljansfors (startat år 1974).
Table 2: Trial plots in Virsbo (started 1972), Hedeviken (started 1973) and Siljansfors (started 1974).

Födelseår (Röjningsålder)	Avd. nr:	SI	Behandlings- förteckning:	Stamantal vid start	Ålder vid gödsling
Virsbo 5010					
1957(15)	1	28	S6	600	
1958(14)	2	29	S4	1400	
1959(13)	3	28	S2	2500	
1959(13)	4	29	S6 G1	600	13, 18, 25, 40, 45, 50, 55
1959(13)	5	29	S4 G1	1400	13, 18, 25, 40, 45, 50, 55
1959(13)	6	30	S2 G1	2500	13, 18, 25, 40, 45, 50, 55
Hedeviken 5226					
1948(23)	1	22	S2 G1	2500	25, 30, 37, 47, 53, 58, 63
1947(24)	2	21	S4	1400	
1948(23)	3	22	S6 G1	600	25, 30, 37, 47, 53, 58, 63
1947(24)	4	20	S6	600	
1953(18)	5	24	S2	2500	
1952(19)	6	19	S4 G1	1400	21, 26, 33, 43, 49, 54, 59
Siljansfors 9245					
1955(17)	A1 11	27	S2	2500	
1957(15)	A2 12	25	S2 G2	2500	17
1956(16)	A3 13	25	S4	1400	
1950(22)	A4 14	24	S4 G2	1400	24
1951(21)	A5 15	25	S6	600	
1949(23)	A6 15	26	S6 G2	600	25
1953(19)	B3 23	25	S4	1400	
1951(21)	B4 24	23	S4 G2	1400	23
1955(17)	B7 27	-	S4 G3	1400	22 ¹
1955(17)	B8 28	26	S4 G1	1400	19, 25, 29, 37, 43, 50, 57

1. Startat år 1977

METOD

Visuell analys

En visuell analys gjordes i *Microsoft Excel 2013*. Detta genom ett antal diagram där de olika stamantalerna 600, 1400 och 2500 stammar/ha jämfördes i tillväxt (total producerad volym i msk, medeldiameter och medelhöjd) för de ogödslade och gödslade avdelningarna.

Variationsanalys

En “ANOVA general linear” modell i programmet *Minitab 17 statistical software* (Minitab Inc.), användes för att analysera samspelseffekt för de olika målvariablerna: total volymproduktion i m³sk, medeldiameter i cm och medelhöjd i m. Ett 95-procentigt konfidensintervall användes.

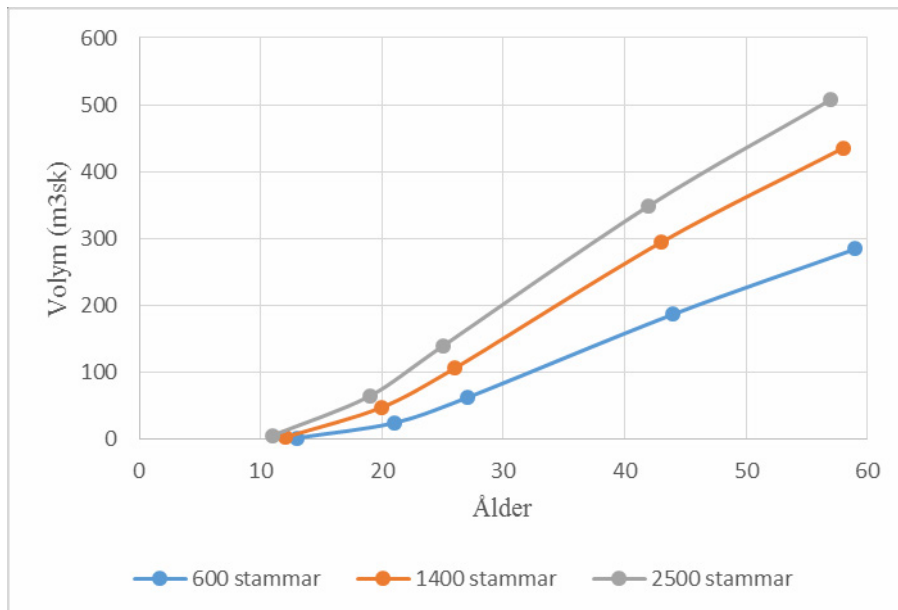
En “Tukey Pairwise Comparison” gjordes för de olika kombinationerna av stamantal och gödsling/icke gödsling med målvariablerna: total volymproduktion, medeldiameter och medelhöjd. Detta lämpade sig eftersom jämförelsen gäller fler än två olika kombinationer och även här användes ett 95-procentigt konfidensintervall. Denna analys gjordes också i *Minitab 17*.

Endast replikaten av de tre ogödslade och tre gödslade 600-, 1400- & 2500-stammar/ha avdelningarna på lokalerna Virsbo och Hedeviken användes. Detta p.g.a. att de andra replikaten skilde sig för mycket i hur de gödslats.

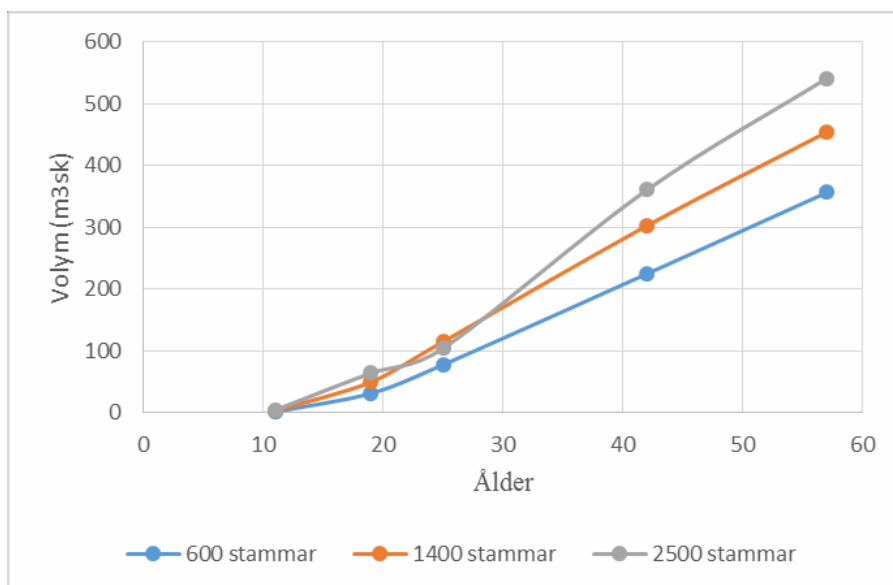
RESULTAT

Visuell analys

Ur de visuella analyserna kunde utläsas att det i de flesta fall fanns en skillnad mellan de avdelningar som gödslats och de som inte gödslats. De två diagrammen över totalproduktion (Figur 2 och 3) jämfördes och man kunde se att totalproduktionen ökat med ca 25 % i den gödslade avdelningen med 600 stammar/ha vid det sista mättillfället, medan endast en ökning med 4 % resp. 7 % fanns i avdelningarna med 1400 resp. 2500 stammar/ha.

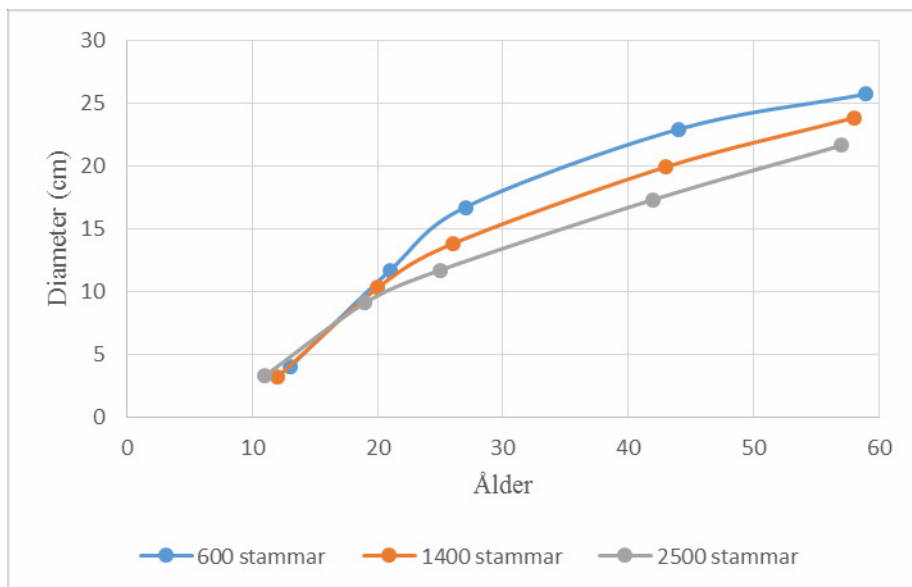


Figur 2. Totalproduktion för ogödslade avdelningar med olika stamanatal i Virsbo
Figure 2. Total production for unfertilized sections with varying stems per hectare in Virsbo

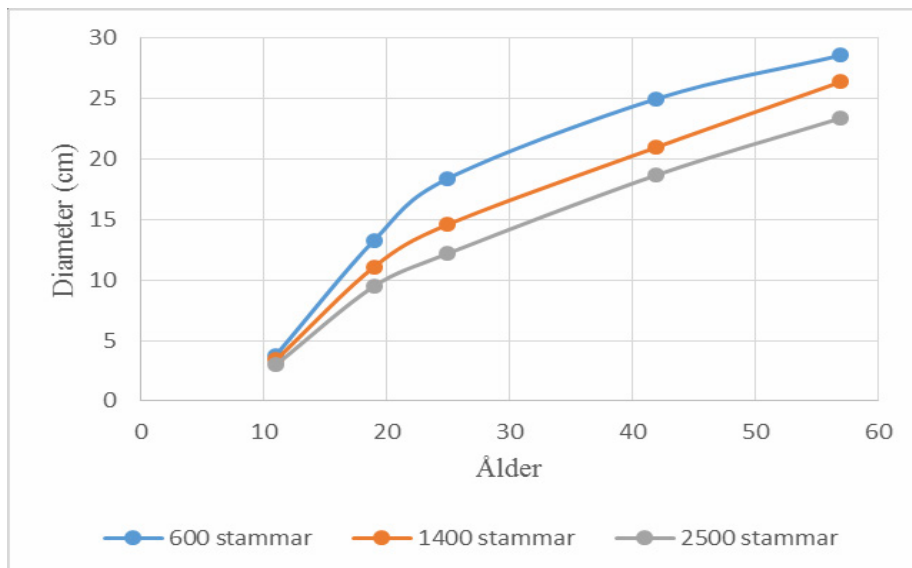


Figur 3. Totalproduktion för gödslade avdelningar med olika stamantal i Virsbo
Figure 3. Total production for fertilized sections with varying stems per hectare in Virsbo

Diametern ökade med 11 % för de gödslade avdelningarna med 600 stammar/ha jämfört med de ogödslade. Lika stor ökning kunde ses, ca 11 %, för de avdelningar som hade 1400 stammar/ha och var gödslade. Avdelningarna med ett stamantal på 2500 stammar/ha hade en mindre ökning och då endast med ca 8 % (Figur 4 och 5).

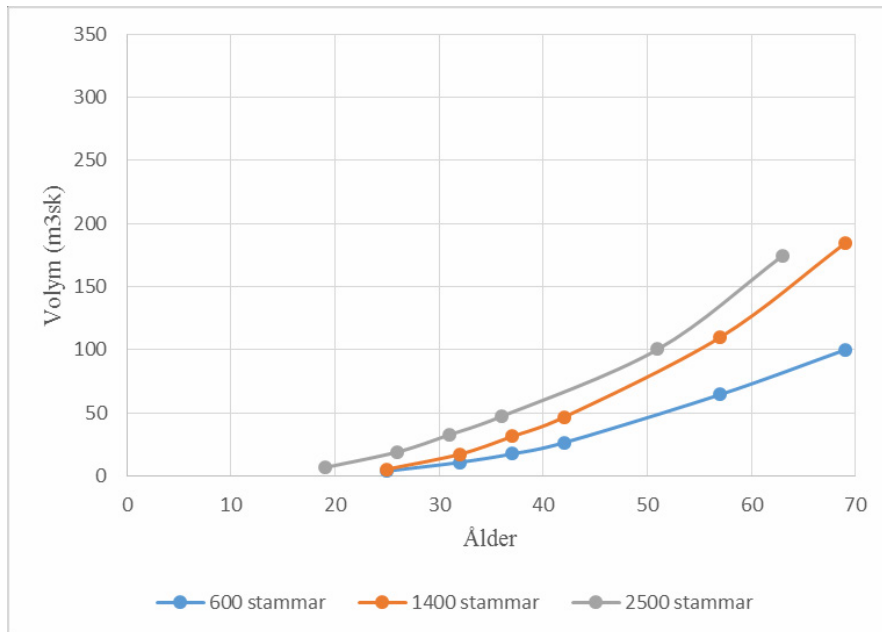


Figur 4. Diameter över ogödslade avdelningar med olika stamantal i Virsbo
 Figure 4. Diameter for unfertilized sections with varying stems per hectare in Virsbo

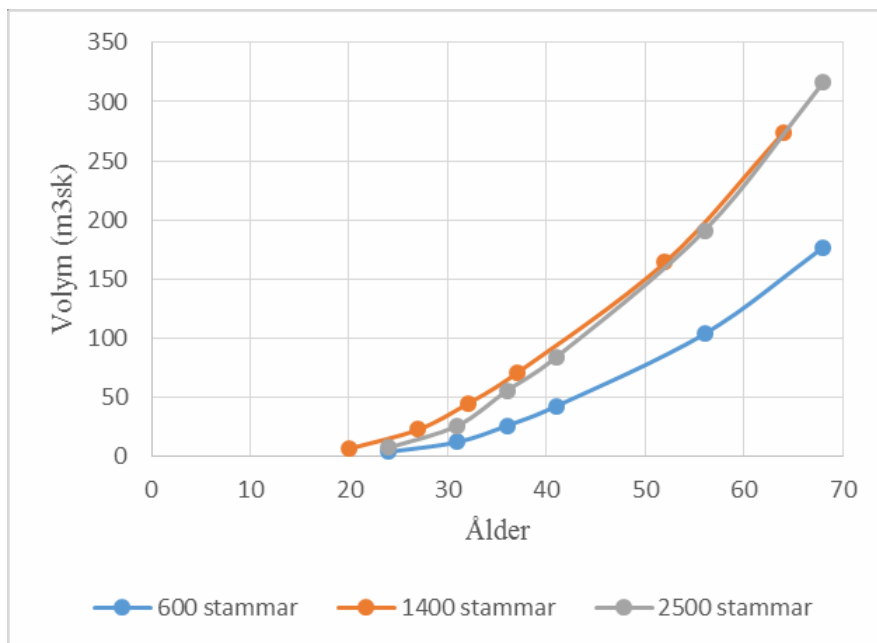


Figur 5. Diameter över gödslade avdelningar med olika stamantal i Virsbo
 Figure 5. Diameter for fertilized sections with varying stems per hectare in Virsbo

Totalproduktionen på lokal Hedeviken hade en ökning på ca 77 % på de gödslade avdelningarna med 600 stammar/ha och för 1400 stammar/ha blev det en ökning på ca 49 %. På de gödslade avdelningarna med 2500 stammar/ha fanns en ökning med hela 81 % (Figur 6 och 7).

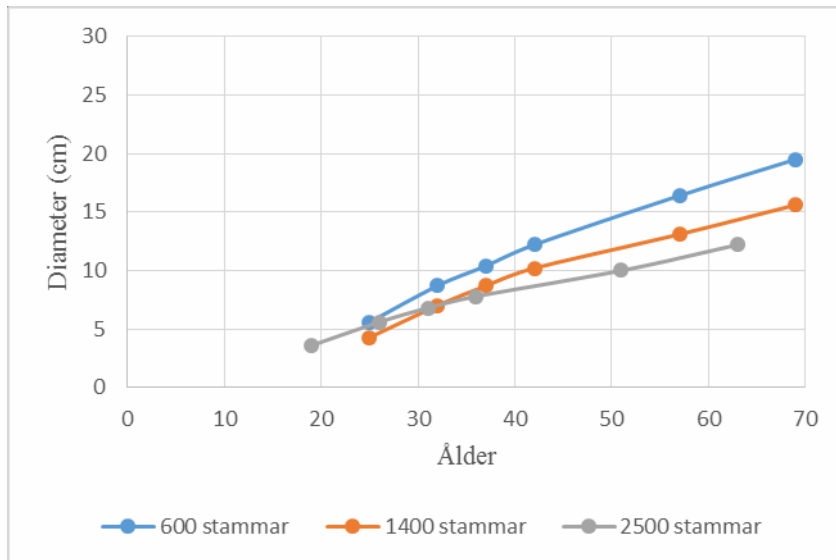


Figur 6. Totalproduktion över ogödslade avdelningar med olika stamantal i Hedeviken
 Figure 6. Total production for unfertilized sections with varying stems per hectare in Hedeviken

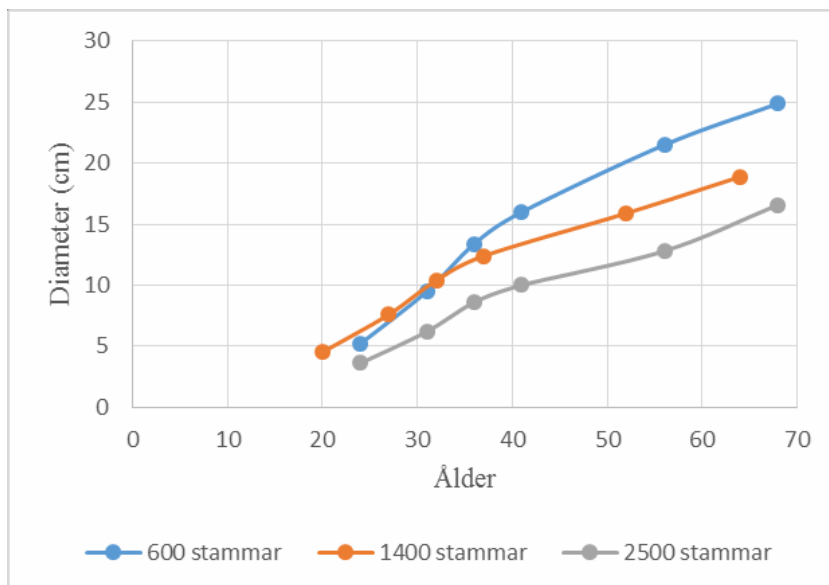


Figur 7. Totalproduktion över gödslade avdelningar med olika stamantal i Hedeviken
 Figure 7. Total production for fertilized sections with varying stems per hectare in Hedeviken

Diametern ökade mest procentuellt för 2500 stammar/ha i jämförelsen mellan gödslade och ogödslade avdelningar och då sågs en ökning med ca 36 %. För 600 stammar/ha ökade diametern med ca 28 % och när stamantalet låg på 1400 stammar/ha blev ökningen ca 21 % på de gödslade avdelningarna, jämfört till de ogödslade (Figur 8 och 9).

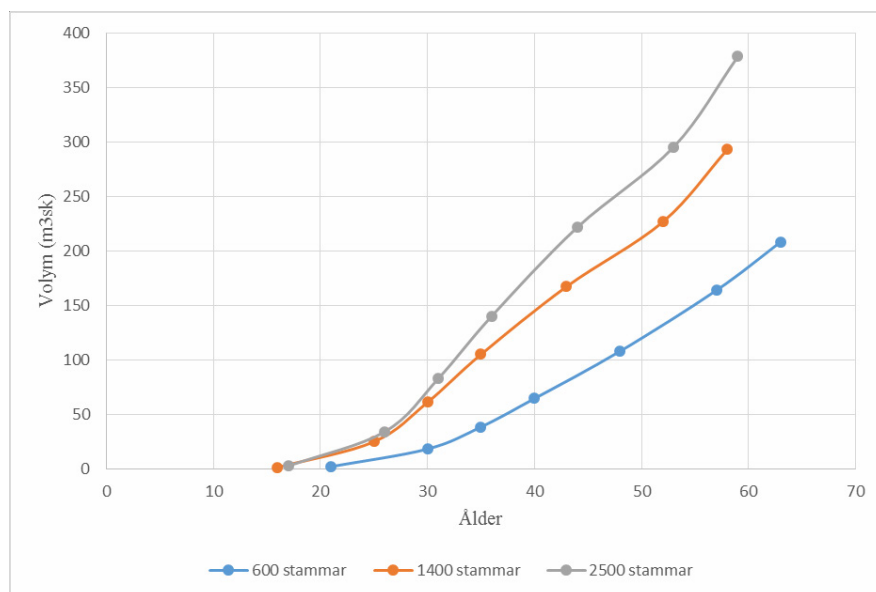


Figur 8. Diameter över ogödslade avdelningar med olika stamantal i Hedeviken
Figure 8. Diameter for unfertilized sections with varying stems per hectare in Hedeviken

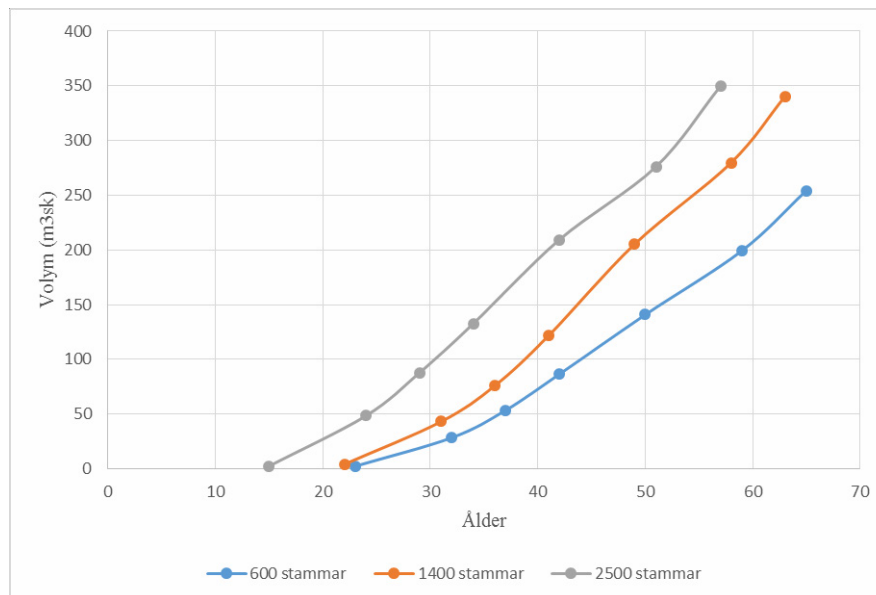


Figur 9. Diameter över gödslade avdelningar med olika stamantal i Hedeviken
Figure 9. Diameter for fertilized sections with varying stems per hectare in Hedeviken

På lokalen i Siljansfors A ökade den totala produktionen för 600 och 1400 stammar/ha med ca 22 % resp. 16 % på de gödslade avdelningarna jämfört med de ogödslade. För 2500 stammar/ha uppstod istället en minskning med 8 % på de gödslade avdelningarna (Figur 10 och 11).

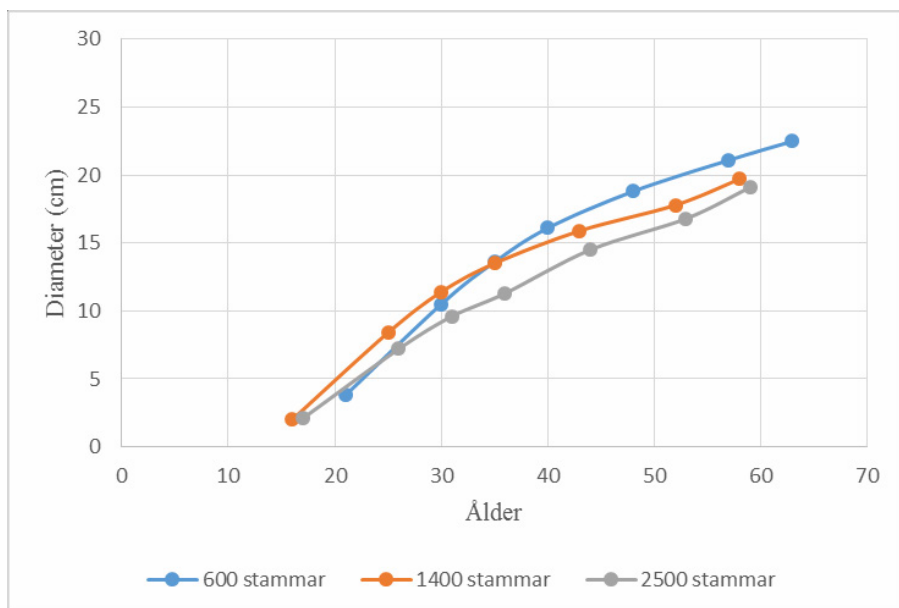


Figur 10. Totalproduktion över ogödslade avdelningarna med olika stamantal i Siljansfors A
 Figure 10. Total production for unfertilized sections with varying stems per hectare in Siljansfors A

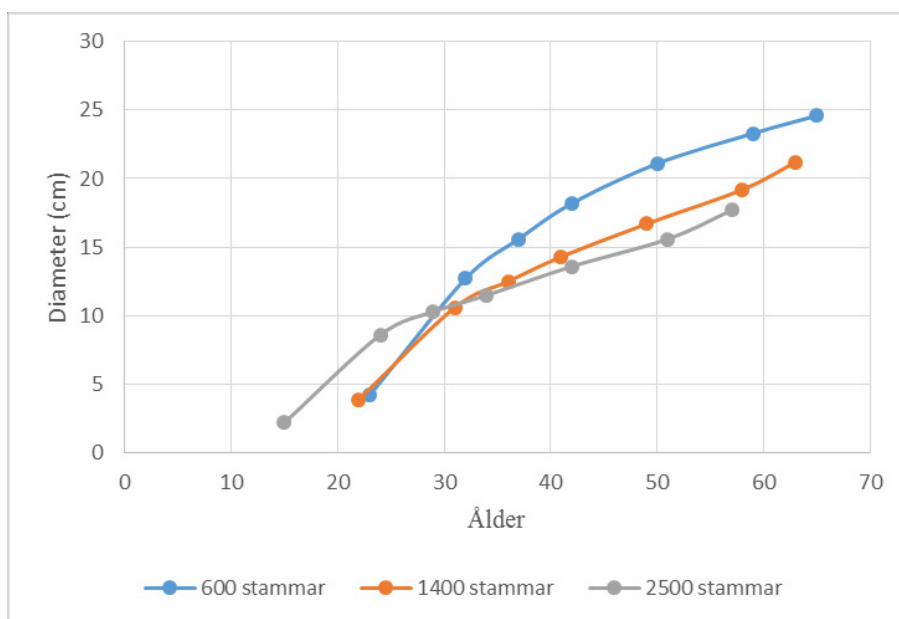


Figur 11. Totalproduktion över gödslade avdelningar med olika stamantal i Siljansfors A
 Figure 11. Total production for fertilized sections with varying stems per hectare in Siljansfors A

Även här ökade diametern för de gödslade avdelningarna med 600 och 1400 stammar/ha. Ökningen låg på ca 9 % resp. 8 %. Samma mönster som för totalproduktionen fanns för diametern och därmed sågs även här en minskning på ca 7 % (Figur 12 och 13).

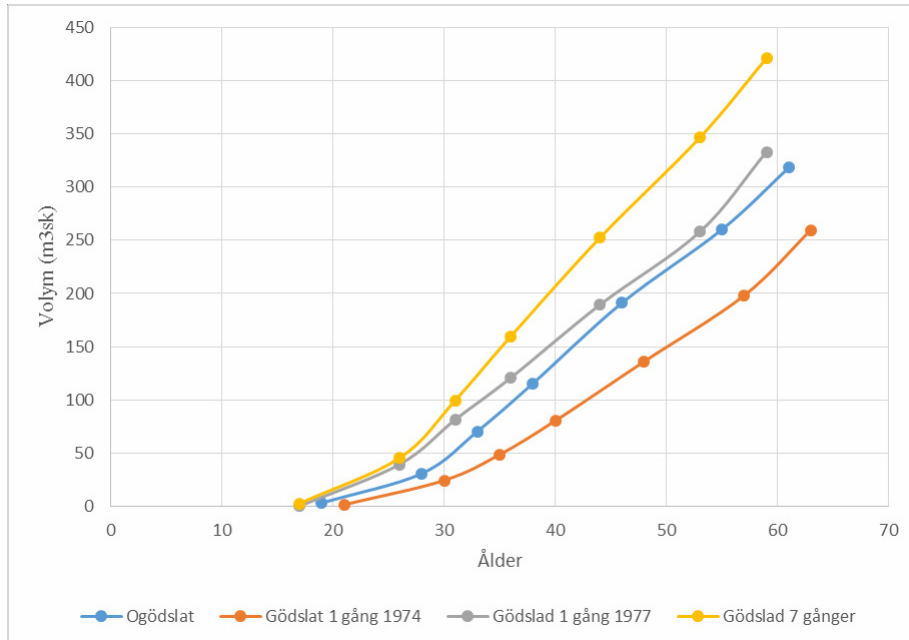


Figur 12. Diameter för ogödslade avdelningar med olika stamantal i Siljansfors A
 Figure 12. Diameter for unfertilized sections with varying stems per hectare in Siljansfors

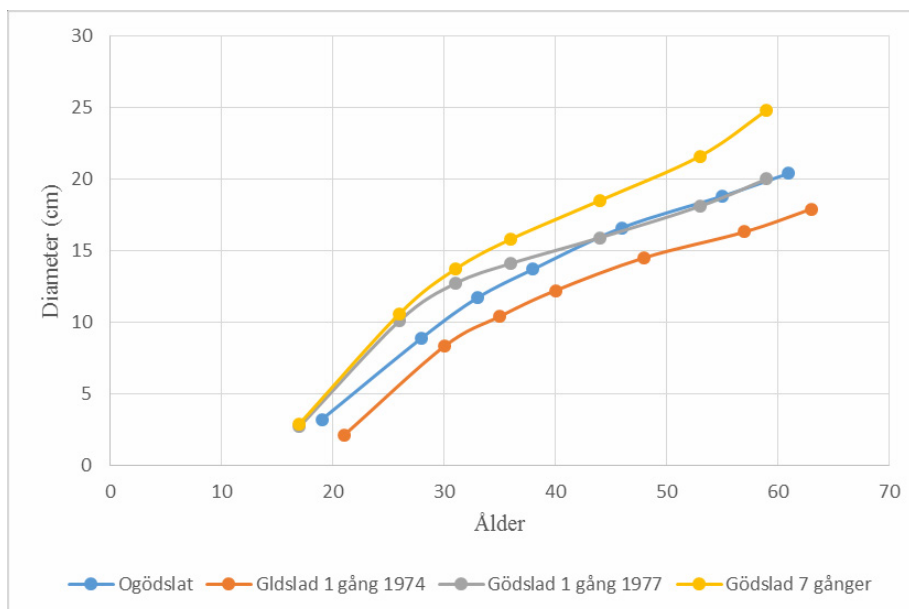


Figur 13. Diameter för gödslade avdelningar med olika stamantal i Siljansfors A
 Figure 13. Diameter for fertilized sections with varying stems per hectare in Siljansfors

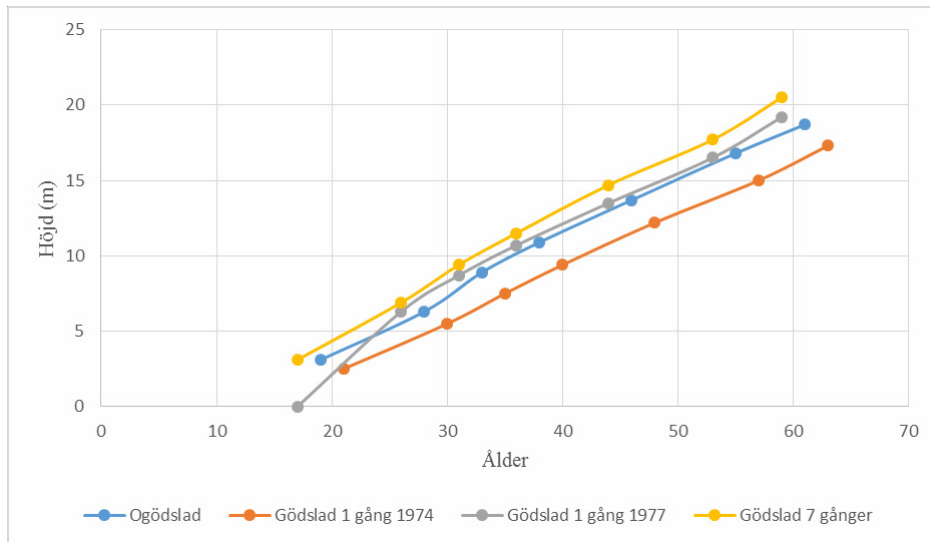
Bland Siljansfors B-avdelningar kunde man se att totalproduktion, diameter och höjd var störst då sju stycken gödslingstillfällen ägt rum. Samtidigt kunde man även avläsa att då endast en gödsling år 1974 hade skett (dvs. två år efter röjning), så fick man det lägsta värdet av alla, dvs. både i totalproduktion, diameter och höjd. När endast en gödsling skett år 1977 (dvs. fem år efter röjning), kunde man istället se att det gav en högre volymproduktion, större diameter och en högre höjd än om det hade varit ogödslat (Figur 14, 15 och 16).



Figur 14. Totalproduktion över olika gödslingsintervall med 1400 stammar/ha i Siljansfors B
 Figure 14. Total production for varying fertilizations with 1400 stems per hectare in Siljansfors B



Figur 15. Diameterutveckling för olika gödslingsintervall med 1400 stammar/ha i Siljansfors B
 Figure 15. Change of diameter over time for varying fertilizations with 1400 stems per hectare in Siljansfors B



Figur 16. Höjdtutveckling för olika gödslingsintervall med 1400 stammar/ha i Siljansfors B
 Figure 16. Change of height over time for varying fertilizations with 1400 stems per hectare in Siljansfors B

Variationsanalys

Genom analys i Minitab konstaterades att använt data verkar vara normalfördelat.

F-värdet för samspelseffekten (dvs. behandling*stam) för alla målvariabler (höjd, total producerad volym och medeldiameter) är lägre än P-värdet för samspelseffekten (Tabell 3), vilket indikerar att det inte är signifikanta skillnader mellan de olika kombinationerna av stamantal och gödsling samt icke-gödsling.

I variansanalysen är F-värdet lågt (Tabell 3) och för alla P-värden (Tabell 3) i denna analys är värdena för samspelseffekten 0,785 eller högre. Nollhypotesen kan därmed inte förkastas.

Tabell 3. Variansanalys av responsvariablerna tot.prod. Volym, höjd & diameter
Table 3. Analysis of variance, with responses volyme production, hight & diameter

Analysis of variance:	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Total prod. Volym (m3)					
lokal	1	150618	150618	79,01	0,000
gödsling	1	14897	14897	7,81	0,038
stam	2	49083	24542	12,87	0,011
gödsling*stam	2	555	277	0,15	0,868
error	5	9531	1906		
total	11	224684			
Höjd (m)					
lokal	1	108,000	108,000	107,36	0,000
gödsling	1	6,453	6,453	6,41	0,052
stam	2	0,902	0,451	0,45	0,662
gödsling*stam	2	0,512	0,256	0,25	0,868
error	5	5,030	1,006		
total	11	120,897			
Diameter (cm)					
lokal	1	145,603	145,603	76,58	0,000
gödsling	1	34,680	34,680	18,24	0,008
stam	2	77,902	38,951	20,49	0,004
gödsling*stam	2	0,855	0,428	0,22	0,806
error	5	9,507	1,901		
total	11	268,547			

De faktorer som delar en av bokstäverna är ej signifikant skilda från varandra. Kombinationen Gödslat*2500stammar/ha är därmed skild signifikant från ogödslat*600stammar/ha (Tabell 4) med målvariabeln total volymproduktion.

Tabell 4. Tukey parvis jämförelse: respons= tot.prod.vol, faktor= gödsling*stamantal/ha
*Table 4. Tukey Pairwise Comparisons: Response = Tot.prod.volym, Term = gödsling*stamantal/ha*

Gödsling * Stamantal	N	Mean	Grouping	Grouping
Gödslat*2500	2	428,90	A	
Gödslat*1400	2	364,25	A	B
Ogödslat*2500	2	341,25	A	B
Ogödslat*1400	2	309,85	A	B
Gödslat*600	2	266,60	A	B
Ogödslat*600	2	197,25		B

Kombinationen gödslat x 600stammar/ha är signifikant skild från gödslat x 2500stammar/ha, ogödslat x 1400stammar/ha samt ogödslat x 2500stammar/ha (Tabell 5.) med målvariabeln diameter.

Tabell 5. Tukey parvis jämförelse: respons= Diameter (cm), faktor= gödsling*stamantal/ha

*Table 5. Tukey Pairwise Comparisons: Response = Diameter (cm), Term = gödsling*stamantal/ha*

Gödsling*stamantal/ha	N	Mean	Grouping	Grouping
Gödslat*600	2	26,75	A	
Gödslat*1400	2	22,65	A	B
Ogödslat*600	2	22,60	A	B
Gödslat*2500	2	20,00		B
Ogödslat*1400	2	19,70		B
Ogödslat*2500	2	16,90		B

Ingen av de olika kombinationerna av stamantal och gödslat/ogödslat med målvariabeln höjd går att skilja signifikant från någon av de andra kombinationerna (Tabell 6).

Tabell 6. Tukey parvis jämförelse: respons = Höjd (m), Term = gödsling*stamantal/ha

*Table 6. Tukey Pairwise Comparisons: Response = Höjd (m), Term = gödsling*stamantal/ha*

Gödsling*stamantal/ha	N	Mean	Grouping
Gödslat*1400	2	19,90	A
Gödslat*2500	2	19,70	A
Gödslat*600	2	19,35	A
Ogödslat*1400	2	18,70	A
Ogödslat*600	2	18,20	A
Ogödslat*2500	2	17,65	A

DISKUSSION

Hypotesen om att det skulle finnas en samspelseffekt mellan gödslingens effekt på tillväxten i form av höjd- & diametertillväxt samt total volymproduktion och stamantal/ha ser ut att kunna stämma i den visuella analysen. Där verkar det lägsta stamantalet ha reagerat något bättre på gödslingen jämfört med de högre stamantalerna, kanske mest för målvariabeln diameter. Men så är inte fallet eftersom att P-värdet i den statistiska regressionsanalysen för samspelseffektens påverkan av samtliga målvariabler: total volymproduktion, diametertillväxt och höjdtillväxt var långt över 0,05. Detta är också motiveringen till att nollhypotesen ej kan förkastas. Dock användes inte all data i den statistiska analysen då endast två av de tre tillgängliga lokalerna kunde användas p.g.a. att den tredje inte gödslats med samma intervall. Detta gör att resultatet för den statistiska analysen är något osäkert. Om den visuella analysen hade stämt gällande diametern, alltså ifall det funnits en samspelseffekt för i alla fall diametertillväxten, så skulle man varit tvungen att väga för och nackdelar med att gödsla så pass tidigt som man faktiskt gjort i dessa bestånd. Äldre skog som gödslats klarar sig bättre kvalitetsmässigt p.g.a. att träden då hunnit sluta producera juvenilved (Skogsstyrelsen, 2015). Juvenilved är mer instabilt och kan ge sprickor och formförändringar vid torkning (Svenskt trä 2003). Om träden i detta försök gödslats vid högre ålder hade förmodligen kvaliteten inte påverkats väsentligt (Ulvcrone m. fl. 2014). Kvaliteten på virket är något som man skulle vara tvungen att tänka på ifall man är ute efter att undersöka detta material med målet att se ifall gödslingen vid ett lågt stamantal skulle kunna ersätta ett högt stamantal. Dock visar de visuella analyserna av våra diagram inte på någon sådan koppling, alltså att t.ex. 600 stammar/ha skulle kunna mäta sig i volymproduktion efter gödsling med en icke gödslad yta som innehar 1400 eller 2500 stammar/ha.

Tukey-analysen som gjordes för att undersöka sambanden mellan de olika kombinationerna av stamantal/ha och gödsling/icke gödsling, visade att de flesta kombinationer inte skilde sig signifikant från varandra för de tre målvariablerna. För målvariabeln höjd kunde inte någon av de olika kombinationerna skiljas från varandra. Detta motiverar att samspelseffekten inte skulle påverka tillväxten väsentligt gällande målvariabeln höjd. För målvariabeln total volymproduktion visar Tukey-analysen att kombinationen gödslad*2500 stammar/ha skiljer sig från ogödslad*600 stammar/ha. Detta påvisar endast att gödslingen i sig har påverkan på den totala volymproduktionen, samt att även stamantalet här har betydelse för volymproduktionen.

Det som särskiljer sig i resultatet av Tukey-analysen är resultatet för målvariabeln diametertillväxt. Där visas att kombinationen gödslad*600 stammar/ha skiljer sig från ogödslad*1400stammar/ha, ogödslad*2500stammar/ha, samt gödslad*2500stammar/ha. Detta i sin tur skulle kunna vara en svag indikator på att det skulle kunna finnas en samspeleffekt för denna målvariabel. Men detta kan även tolkas som att stamantalet har större påverkan på diametern än gödslingen i sig. När man tittar närmare på medelvärdena för de ovannämnda kombinationerna (Tabell 5) visar dessa samma mönster. Att träden skulle omfördela kol från underjordsproduktion eller skapa en större fotosyntetiserande apparat (Lim m.fl. 2015), eller den ökade tillgången på kväve skulle kunna vara en naturlig förklaring. Den större andelen utrymme som varje träd tilldelas med ett lägre stamantal/ha skulle även då kunna förklara att träden inte beskuggar varandra lika snabbt efter den ökade tillväxten. Ett obegränsat utrymme för tillväxt dvs. eliminering av risk för beskuggning skulle alltså kunna fungera som en bidragande tillväxteffekt till gödslingen, precis som det skrivs i avhandlingen (Valinger E. 1990).

Att ett begränsande utrymme påverkar trädens form och storlek finns det ingen tvekan om (Pretzsch 2009, Mäkelä & Vanninen 2001, Nilsson & Albrektson 1993, Baldwin m.fl. 2000). Det finns även studier som pekar på att gödsling kan motverka dessa effekter till viss del för vissa arter (Tamm 1991). Om det hela rör sig om en sambandseffekt eller det faktum att en begränsande resurs ersätter en annan kan vi inte dra några slutsatser om här.

Felkällor och svårigheter

När vi började gå igenom materialet och arbeta med det såg vi att det fanns få upprepningar i datamaterialet och att de upprepningar som fanns, var utspridda på de olika lokalerna. Då datamaterialet hade brister, begränsades vi i vilka analyser som kunde utföras och för att ändå kunna göra någon slags analys fick vi "skala av" i materialet och bara använda det som var lämpligt. Detta är orsaken till att endast två av de tre olika upprepningarna kunde användas i den statistiska analysen, eftersom man på den tredje lokalen gödslar med ett annat intervall än de första två. Gödslingarna har även utförts vid olika årtal på de olika lokalerna och de olika lokalerna har även olika födelseåldrar.

En annan faktor som kan ha spelat in på resultatet som en felkälla är att lokalerna och dess avdelningar har bedömts till att ha varierande ståndortsindex (SI). För de gödslade ytorna finns inte heller något SI mätt innan gödsling, vilket är anledningen till att vi ej valt att skriva ut SI för dessa avdelningar i tabeller. Påverkan av ståndortsindex finns inte heller med som en variabel i den statistiska analysen, vilket kan vara ännu en felkälla. De olika avdelningarna inom samma lokal hade även varierande ålder, som då också kan ha spelat in på resultatet som felkälla, eftersom denna faktor inte heller lades in som en påverkande variabel i den statistiska analysen.

Slutsatser

Vi har inte kunnat fastställa att samspeleffekten mellan ett visst stamantal och gödslingens effekt på produktionen i form av någon av målvariablerna total volymproduktion, höjd eller diameter, har betydelse. Nollhypotesen kan därmed ej förkastas. Med ett större dataset bestående av fler replikat skulle kanske ett mer tillförlitligt resultat kunna tas fram för att kunna dra ytterligare slutsatser. Dock kan vi säga att gödslingseffekten är oberoende av stamantal, vilket är intressant ur ett praktiskt perspektiv.

REFERENSER

Agestam E. (2009). *Skogsskötselserien nr 7 Gallring*. Skogsstyrelsen.

Fiberskog. (1997). *Fiberskog – ett samarbete mellan SLU och skogsnäringen*. [Online]
Available at: <http://www-fiberskog.slu.se/Dokumentation/Omgodsling/omgodsling.htm>
[2016-04-22]

Fox T.R, Allen H.L, Albaugh T.J, Rubilar R, Carlson C.A. (2006). *Forest Fertilization in Southern Pine Plantations*. Better Crops 90. [Online]
Available at: <http://www.dof.virginia.gov/print/water/Forest-Fertilize-South-Pine-Plant.pdf>
[2016-03-30]

Groot A., Brown K.M., Morrison J.K., Barker J.E., (1984). *A 10-year tree and stand response of jack pine to urea fertilization and low thinning*. Canadian Journal of Forest Research, 14:44-50.

Högberg P, Larsson S, Lundmark T, Moen J, Nilsson U, Nordin A. (2014). *Effekter av kvävegödsling på skogsmark*. Skogsstyrelsen, Jönköping. Rapport 2014:1.

Högbom L., Jacobsson S. (2002). *Kväve 2002 - en konsekvensbeskrivning av skogsgödslingen i Sverige*. Skogforsk. Redogörelse nr 6, 2002.

Jacobsson S, Hannerz M. (2007). *Gödslingskalkyl - räkna med skogsgödsling i Kunskap Direkt*. Skogforsk. Resultat 2007:11.

Karlsson K. (2003). *Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök*. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Karlsson K., Ulvcróna T. (2010). *Field experiment data available for studies of pre-commercial thinnings*. Skog & trä, 2010:2. Swedish University of Agricultural Sciences Unit for Field-based Forest Research.

Karlsson K., Mossberg M., Ulvcróna T. (2012) *Fältdatasystem för skogliga fältförsök*. Rapport 5. Sveriges Lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning.

Lim H., Oren R., Palmroth S., Tor-ngern P., Morling T., Nasholm T., Lundmark T., Helmisaari H-S., Leppalammi-Kujansuu J., Linder S. (2015). *Inter-annual variability of precipitation constrains the production response of boreal Pinus sylvestris to nitrogen fertilization*. Forest Ecology and Management 348.

Magnusson T. (2015). *Skogsskötselserien Skogsbruk - mark och vatten*. 2:a upplagan. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Mäkelä A, Vanninen P. (2001). *Vertical structure of Scots pine crowns in different age and size classes*. Tree Struct Funct. 15:385-392.

Nilsson U, Albrektson A. (1993). *Productivity of needles and allocation of growth in young Scots pine trees of different competitive status*. Forest Ecology and Management. 62:173-187.

Nilsson U, Gemmel P. (1993). *Changes in growth and allocation of growth in young Pinus Sylvestris and Picea abies due to competition*. Scandinavian Journal of Forest Research. 8:213-222.

Pretzsch H. (2009). *Forest dynamics, growth and yield from measurements to model*. Berlin:Springer; p.664

Skogsstyrelsen. (2014). *Skogsstatistisk årsbok 2014*, s.133. Skogsstyrelsen. [Online] Available at: <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk-Arsbok/Skogsstatistiska-arsbocker/> [2016-03-30]

Skogsstyrelsen. (2015). *Skogsmarksgödsling med kväve*. Skogsstyrelsen, Jönköping. Rapport 2015:2.

Ståhl P, Bergh J, Skogsstyrelsen. (2013). *Skogsskötselserien Produktionshöjande åtgärder*. 2:a upplagan Skogsstyrelsen, Jönköping.

Svenskt trä. (2003). *Träguiden*. Svenskt trä. [Online] Available at: www.traguiden.se/om-traguiden/vi-som-star-bakom-traguiden/ [2016-04-22]

Tamm CO. (1991). *Nitrogen in terrestrial ecosystems: questions of productivity, vegetational changes, and ecosystem stability*. Berlin, New York: Springer Verlag; p. 115.

Ulverona K., Ulverona T., Nilsson U., Lundmark T., (2014). *Stand density and fertilization effects on aboveground allocation patterns and stem form of Pinus sylvestris in young stands*. Scandinavian Journal of Forest Research, 29:197-209.

Valinger E. (1990). *Inverkan av gallring, gödsling, vind och trädstorlek på tallars utveckling*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skogsskötsel. Avhandling.

Valinger E. (1993). *Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scots pine trees: total annual biomass increment, needle efficiency, and aboveground allocation of biomass increment*. Canadian Journal of Forest Research. 23:1639-1644.

Zetterberg, T., Hellsten, S., Belyazid, S., Karlsson, P.E. och Akselsson, C., (2006). *Regionala förutsättningar och miljörisiker till följd av skogsmarksgödsling vid olika scenarier för skogsskötsel och kvävedeposition – modellerade effekter på kväveupplagring, biomassa, markkemi*. IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport B1691 [Online] Available at: <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b74df/1445515631870/B1691.pdf> [2016-03-30]